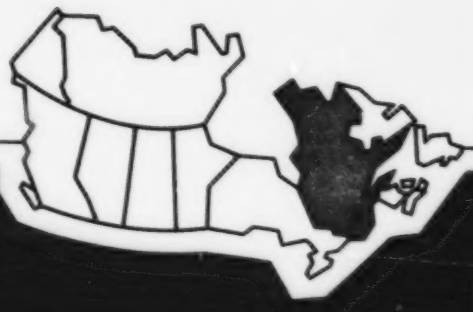
Government of Canada | Gouvernement du Canada
Canadian Forestry Service | Service canadien des forêts

Impact of the spruce budworm on balsam fir and white spruce in the Laurentian Reserve, Quebec: an interim report

J.R. Blais

Information Report LAU-X-68
Laurentian Forestry Centre



86-03184/

CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES

Le Centre de foresterie des Laurentides (CFL) est un des six établissements régionaux du Service canadien des forêts (SCF). Le Centre poursuit des travaux de recherche et de développement pour un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec. En collaboration avec divers groupes et organismes québécois, les chercheurs du CFL visent à acquérir une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers en vue de contribuer à solutionner les problèmes majeurs en foresterie au Québec et à développer des méthodes acceptables pour l'amélioration et la sauvegarde de l'environnement forestier.

Au Québec, les activités du SCF portent sur trois éléments majeurs: la recherche dans le domaine des ressources forestières, la recherche dans le domaine de la protection et enfin, le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins des organismes intéressés à l'aménagement forestier, surtout dans le but d'améliorer la protection, la croissance et la qualité de la ressource forestière de la région. L'information est diffusée sous forme de rapports scientifiques, de feuillets techniques ou autres publications dans le but d'atteindre toutes les catégories d'utilisateurs des résultats de recherche.

LAURENTIAN FORESTRY CENTRE

The Laurentian Forestry Centre (LFC) is one of six regional establishments of the Canadian Forestry Service (CFS). The Centre's objective is to promote, through research and development, the most efficient and rational management and use of Quebec's forest. In cooperation with several Quebec agencies, scientists at LFC seek to acquire a better understanding of how the forest ecosystem works with a view to solving major forestry problems and develop methods to improve and to protect the forest environment.

In the province of Quebec, CFS's program consists of three major elements: forest resources research, forest protection research, and forest development. Most of the research is undertaken in response to the needs of forest management agencies, with the aim of improving the protection, growth, and quality of the region's forest resource. The results of this research are distributed to potential users through scientific and technical reports and other publications.

Impact of the spruce budworm on balsam fir and white spruce in the Laurentian Reserve, Quebec: an interim report

J.R. Blais

Information Report LAU-X-68
1985

Laurentian Forestry Centre
Canadian Forestry Service

Cover photo: Mortality of balsam fir caused by the spruce budworm.
(Photo: C. Monnier)

Copies are available at no charge from:
Laurentian Forestry Centre
Canadian Forestry Service
1055 du P.E.P.S.
Sainte-Foy, Québec, G1V 4C7

Catalog No. Fo46-18/68E
ISSN 0703-2188
ISBN 0-662-14439-2

• Minister of Supply and Service Canada, 1985

Aussi disponible en français sous le titre: "Répercussions des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides (Rapport d'étape)".

TABLE OF CONTENTS

Page

LIST OF TABLES AND FIGURES iv

ABSTRACT v

RÉSUMÉ vi

INTRODUCTION 1

METHODS 2

RESULTS 3
Elevation 3
Stand age 10
Treatment 10
White spruce 11

SUMMARY AND DISCUSSION 11

REFERENCES 15

LIST OF TABLES AND FIGURES

Page

Table 1. Zone of elevation, age class of stands studied, and first year of tree mortality, percentage of cumulative mortality by 1983 for 50 balsam firs by plot 4

Table 2. Percentage of plots at low (<700 m) and at high (>700 m) elevations that sustained light, moderate, and severe defoliation of the current year's growth by year 6

Table 3. Mortality of balsam fir trees of merchantable size and percentage of volume dead in 1979 and in 1983 for plots at low and at high elevations and for all plots combined 9

Table 4. Percentage of dead balsam fir in 1983 in plots in mature and immature stands at low and at high elevations and for all plots combined 9

Figure 1. Boundary of the Laurentian Reserve, outline of zone at elevations above 700 m, and location of study plots.. 1

Figure 2. Average cumulative percentage of mortality due to budworm from 1978 to 1983 for 20 plots at elevations below 700 m, for 16 plots at elevations above 700 m, and for all plots combined. 7

ABSTRACT

The spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak that began in western Quebec in 1967 gradually progressed eastward and reached the Laurentian Reserve by 1972. In 1979, 37 study plots were established in the Laurentian Reserve to follow the progress of the mortality of balsam fir and white spruce. This is a report on the 1983 situation when only 6 percent of white spruce trees were dead while mortality of fir trees reached 54 percent. Mortality of balsam fir varied considerably between plots ranging from 0 to 100 percent. Mortality of fir trees in the 20 plots at elevations below 700 m reached 67 percent while in the 16 plots above 700 m it reached 37 percent. This difference was attributable to variations from year to year in defoliation between the two elevation zones. At elevations above 700 m, defoliation decreased from 1978 to 1982; at elevations below 700 m, defoliation remained high. Fir is the most common species at lower elevations and losses already amount to several million cubic metres in this zone. Because black spruce is the common species at higher elevations, losses due to the infestation are not as consequential. There was no difference in mortality of fir between young and mature stands at higher elevations; at lower elevations mortality averaged 73 percent in mature and 51 percent in immature stands. The percentage loss in volume in relation to the percentage loss in stems was equal at lower elevations but was somewhat less at higher elevations. Many fir trees have reached the point of no return and mortality will progress at lower elevations irrespective of any future defoliation and will probably reach 85 percent in 1985. Progress of fir mortality at higher elevations will depend on insect numbers in this zone in the future. The majority of white spruce trees in both elevation zones will likely survive the outbreak.

RÉSUMÉ

L'invasion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) qui a débuté dans l'ouest du Québec en 1967 a gagné graduellement l'est et a atteint la réserve des Laurentides en 1972. En 1979, 37 parcelles expérimentales furent établies dans la réserve des Laurentides pour suivre l'évolution de la mortalité du sapin baumier et de l'épinette blanche. Nous présentons ici la situation qui prévalait en 1983. Seulement 6 % des épinettes blanches étaient détruites, tandis que 54 % des sapins étaient morts. Le taux de mortalité du sapin baumier variait considérablement entre les diverses parcelles et se situait de 0 à 100 %. La mortalité des sapins dans les 20 parcelles situées en deçà de 700 m d'altitude atteignait 67 %, tandis que dans les 16 parcelles situées à une altitude au dessus de 700 m elle n'était que de 37 %. Cet écart était attribuable aux variations de la défoliation annuelle entre les deux zones d'altitude. À une altitude supérieure à 700 m, la défoliation a diminué de 1978 à 1982, alors qu'au-dessous de 700 m, elle est demeurée élevée. Dans la zone à plus basse altitude, le sapin est l'essence la plus répandue, et dans ce secteur, les pertes touchent déjà plusieurs millions de mètres cubes. Par contre, à plus haute altitude la principale essence est l'épinette noire, et les pertes dues à l'épidémie sont moins lourde de conséquence. Les pertes dans les jeunes peuplements et dans les peuplements mûrs des secteurs élevés étaient similaires; dans les parcelles à plus basse altitude, la mortalité s'élevait en moyenne à 73 % dans les peuplements mûrs et à 51 % dans les jeunes. Le pourcentage des pertes en volume par rapport au pourcentage des pertes de tiges était le même dans le secteur inférieur à 700 m, mais il était légèrement plus faible dans le secteur au-dessus de 700 m. Bon nombre de sapins ont atteint le point de non-retour et la mortalité va progresser dans les parcelles à basse altitude quelles que soient les défoliations futures; elle atteindra probablement 85 % en 1985. La progression de la mortalité du sapin dans les secteurs élevés dépendra des fluctuations de population de l'insecte dans ce secteur au cours des prochaines années. Il est probable que la plupart des épinettes blanches tant à faible qu'à haute altitude survivront à l'invasion.

INTRODUCTION

A spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak began in western Quebec in 1967. The outbreak spread gradually eastward and in 1972 it reached the Laurentian Reserve. Studies were undertaken in 1979 to determine future progress of damage to balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) and to white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) in the Laurentian Reserve. Thirty-seven study plots were established throughout this region which covers about 1 300 000 ha (Figure 1). The methods used and the situation in 1979 was described by Blais (1980). Plot 12 was inadvertently cut in 1981 during salvage operations; the present analyses are based on the remaining 36 plots.

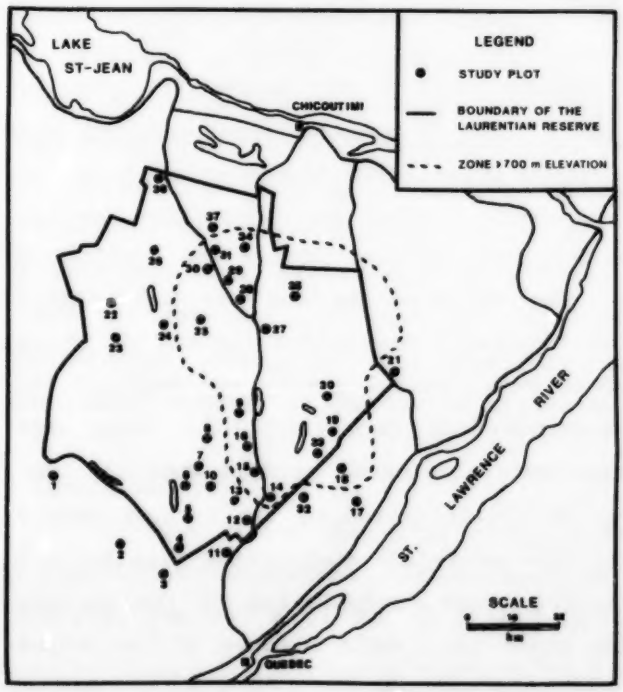


Figure 1. Boundary of the Laurentian Reserve, outline of zone at elevations above 700 m, and location of study plots.

By 1983, the outbreak in the Laurentian Reserve had been in progress for 12 years, and 5 years had elapsed since the study plots had been established. Damage to the forest had progressed considerably, and although the ultimate impact of this infestation on the fir-spruce stands will not be known until the infestation comes to an end, much can be learned from what has taken place to date. This information, although it applies more specifically to the study area, provides a better understanding of certain fundamentals related to budworm outbreaks in general.

Of the two host species being studied, balsam fir is the more vulnerable to budworm attack. Usually, fir start dying in a stand after 4 to 5 years of severe defoliation of the current year's growth; white spruce can withstand approximately two more years of severe defoliation before the onset of mortality. By 1983, mortality of balsam fir was well advanced in many sectors of the study area, while that of white spruce was, as yet, hardly apparent. Consequently, this report will deal almost exclusively with the situation pertaining to fir.

METHODS

When the plots were established in 1979, all balsam fir trees of merchantable size (10 cm+ dbh) on a line 3 m wide were selected and numbered consecutively for a total of 50 trees. The length of the line was determined by the density of the trees. White spruce is the scarcer species, and for this reason, in addition to trees inside the line, some outside were selected and numbered. The number of white spruce trees varied between plots. The study originally included 1 850 balsam fir and 801 white spruce trees. Since 1979, the plots were visited yearly and each of the numbered trees in each plot was examined. At each visit, the trees were classified as living or dead. Trees were considered as dead when the cambium was brown or streaked with brown. Defoliation of the current year's growth was estimated with the aid of binoculars for each living tree in 1979 and 1980. During the following three years, defoliation of the current year's growth was estimated for the stand as a whole because of the amount

of dead branches and twigs caused by continued feeding by the insect rendering a more precise estimation very difficult. Defoliation was classified as light (5-25%), moderate (26-75%), or severe (76%+). Defoliation data from 1974 to 1978 were based on aerial defoliation surveys conducted yearly by the Quebec Department of Energy and Natural Resources and published in their annual reports on surveys related to the control program against the spruce budworm.

RESULTS

The year of onset of mortality and total percentage of mortality in the last year of observation varied greatly among plots (Table 1). When mortality occurred prior to 1979, the year of death was determined through the activity of secondary insects including bark beetles and sawyer beetles (Blais 1980). Total percentage of mortality in 1983 and year of first mortalities were not correlated.

Many factors can affect defoliation; these include insect populations, topography, stand age, stand composition, site quality, and position in relation to surrounding stands. The main factors considered in this study for potential effects on tree mortality were elevation, defoliation, and stand age. Larval populations were not monitored, but it has long been recognized that during a budworm outbreak, degree of defoliation is a reflection of larval populations; severe defoliation of the current year's growth indicates high larval populations, while light defoliation indicates lower populations. One plot (26) was treated with insecticides during two consecutive years, and this provided some information on the effects of treatment of severely defoliated stands on tree mortality.

Elevation

The factor that most affected the degree of defoliation and tree mortality was elevation. Elevations vary considerably in the Laurentian Reserve from 400 m (1 300 ft.) to 1 000 m (3 200 ft.) and it soon became

Table 1. Zone of elevation, age class of stands, and first year of tree mortality, percentage of cumulative mortality by 1983 for 50 balsam firs by plot

Plot	Elevation		Age class		First year of mortality	% cumulative mortality by '83
	<700 m	>700 m	Y*	M		
1	X			X	1980	42
2	X			X	'79	54
3	X			X	'77	76
4	X			X	'79	72
5	X		X		'78	54
6	X		X		'79	48
7	X		X		'79	36
8	X		X		-	0
9		X		X	'79	32
10	X		X		'78	96
11	X			X	'79	96
13	X		X		'78	92
14		X	X		'79	46
15		X		X	'77	32
16		X	X		'77	38
17	X			X	'78	98
18		X		X	'78	8
19		X	X		'78	16
20		X		X	'77	42
21	X		X		'79	72
22	X			X	'79	42
23	X		X		'79	26
24	X			X	'79	92
25		X	X		'78	44
26	X			X	'79	48
27		X		X	'77	52
28		X	X		'77	56
29		X	X		'76	88
30		X		X	'78	40
31		X		X	'80	10
32	X			X	'77	100
33		X		X	'76	64
34		X	X		'79	12
35		X	X		'79	12
36	X			X	'78	88
37	X		X		'79	36
T	20	16	17	19		

*Y = young (30-45 years) M = mature (60+ years)

apparent that defoliation differed markedly between elevations above and below 700 m. This level also marks the extent of two forest types; at lower elevations balsam fir is the most common tree species and the forest type is characteristic of the southern boreal forest region in Quebec; while at higher elevations the forest is characteristic of the northern boreal forest region, fir is less abundant and black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) is the most common tree species (Rowe 1972). About 40 percent of the study area is at an elevation above 700 m; 16 plots were situated in this zone, while 20 plots were situated in the zone below 700 m (Figure 1) (Table 1). The percentage of plots by elevation zone that sustained light, moderate, and severe defoliation of the current year's growth by year from 1975 to 1983 is shown in Table 2. From 1974 to 1977, defoliation was severe throughout the region of the Laurentian Reserve as it was for most regions affected by budworm in Quebec. In 1978 and 1979, defoliation subsided in the high elevation zone; there was a resurgence in 1980 followed by another year of reduced defoliation. Defoliation began to increase once again in 1982 and this became more pronounced in 1983 (Table 2). In the low elevation zone, defoliation of the current year's growth was severe continuously from 1975 to 1980. From 1981 to 1983, insect populations in this zone decreased in a number of localities probably as a result of food depletion.

As might be expected, such an important difference in the defoliation history between the two elevation zones was reflected in differences in the progress of tree mortality within each zone. Average cumulative percentage mortality of balsam fir due to budworm from 1979 to 1983 for all plots combined, for the 20 plots at elevations below 700 m, and for the 16 plots at elevations above 700 m is shown in Figure 2. At the time the plots were established in 1979, balsam fir trees were starting to die, and for all plots combined mortality amounted to 12 percent of the 1 850 fir trees examined. Mortality progressed every year and by 1983, for all plots, it had reached 53 percent (Figure 2). Because defoliation differed between low and high elevations, after 1977 progress of tree mortality differed in these two zones. In 1979, more fir trees had died in the plots at high elevations than at low elevations; average mortality at high and low elevations

Table 2. Percentage of plots at low (<700 m) and at high (>700 m) elevations that sustained light, moderate, and severe defoliation of the current year's growth by year

Year	Percentage of plots					
	Low elevation (20 plots)			High elevation (16 plots)		
	L**	M	S	L	M	S
1975*	0	0	100	0	0	100
1976	0	0	100	0	0	100
1977	0	0	100	0	0	100
1978	0	0	100	100	0	0
1979	0	10	90	94	6	0
1980	5	5	90	50	12	38
1981	50	15	35	94	6	0
1982	75	10	15	56	6	38
1983	25	15	60	6	25	69

* From 1975 to 1978 based on aerial defoliation surveys; from 1979 to 1983 based on observations in each plot

** L = light defoliation (1-25%)
M = moderate defoliation (26-75%)
S = severe defoliation (76-100%)

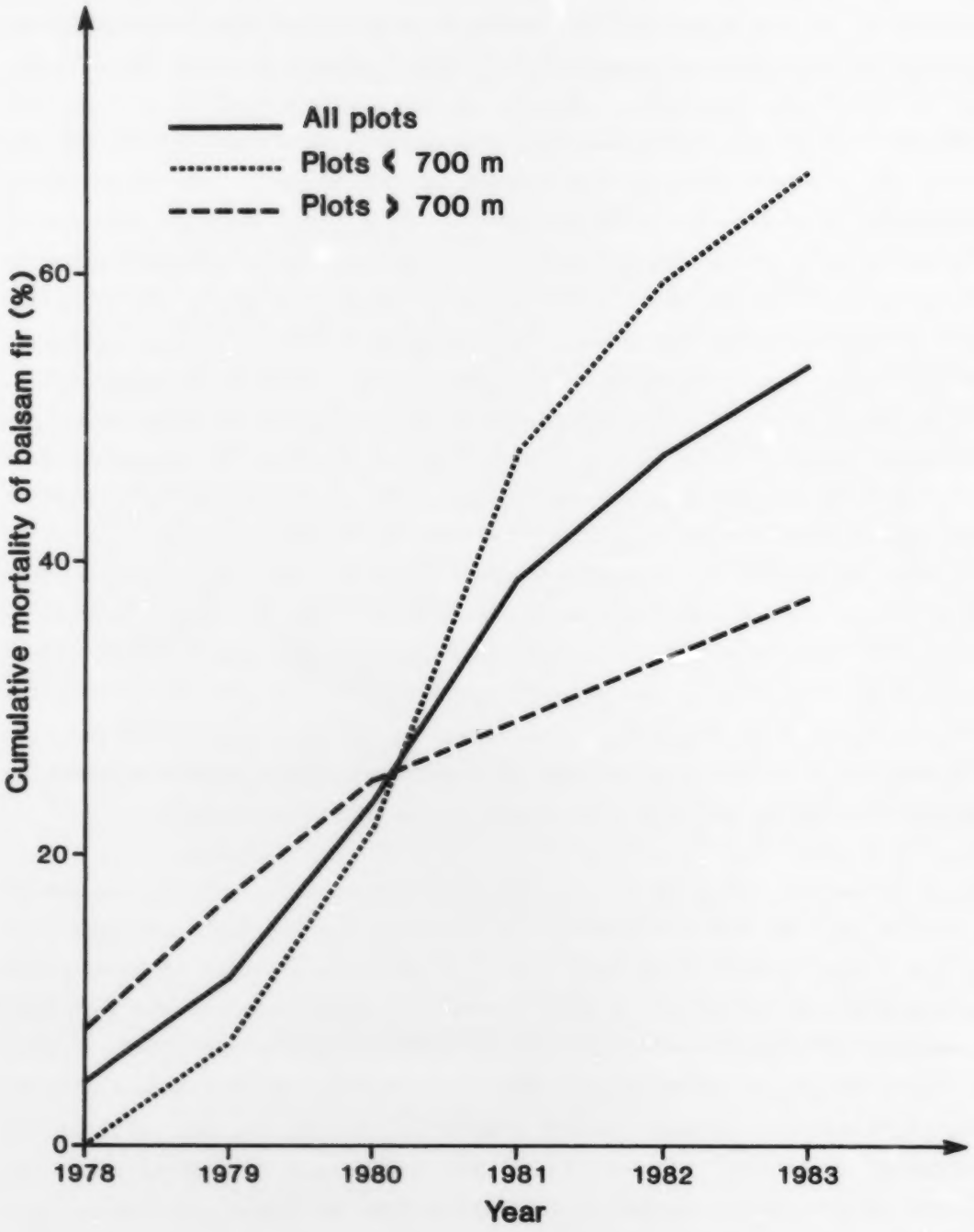


Figure 2. Average cumulative percentage of mortality due to budworm from 1978 to 1983 for 20 plots at elevations below 700 m, for 16 plots at elevations above 700 m, and for all plots combined.

amounted to 17 and 8 percent respectively (Figure 2). This difference was possibly attributable to differences in site quality and tree characteristics between the two zones. Because of the more severe climate at high elevations there are fewer buds per unit length of branch on fir and the shoots are shorter than on fir growing on richer sites and in a warmer climate at lower elevations (Blais 1980). Since there was less food available per unit branch at higher elevations, the trees were more vulnerable to budworm attack than at lower elevations. However, because of the reduction in defoliation at high elevations after 1977, tree mortality progressed more slowly than at lower elevations where populations remained at a high level. During the five years from 1979 to 1983, fir mortality at high elevations progressed from 17 to 38 percent while at low elevations it progressed from 8 to 67 percent (Figure 2). Generally, when defoliation of the current year's growth ceases or is greatly reduced in stands where tree mortality has been initiated, mortality continues for the following three to five years (Blais 1981). Defoliation was generally light at higher elevations after 1977, and mortality that took place between 1978 and 1983 was almost entirely attributable to the defoliation that occurred prior to 1978. The much higher rate of progress of fir mortality at lower elevations resulted from feeding prior to 1978 combined with continued severe defoliation during the following years.

Table 3 shows the percentage of dead balsam fir and the percentage of volume dead in 1979 and in 1983 for plots at low and high elevations and for all plots combined. Because mortality was more frequent among trees of smaller diameter (10 to 14 cm dbh) during the early stage of the outbreak, percentage (7%) of volume dead was inferior to percentage (12%) of dead trees for all plots combined. By 1983, this difference persisted for plots at high elevations where mortality progressed slowly, but for plots at low elevations percentage of dead trees and percentage of volume dead was similar, 67 and 66 respectively, indicating that in recent years more trees with larger diameters succumbed than during the earlier years.

Table 3. Mortality of balsam fir trees of merchantable size and percentage of volume dead in 1979 and in 1983 for plots at low and at high elevations and for all plots combined

Elevation	No. of plots	No. of trees	% of trees dead		Total volume m^3	% volume dead m^3	
			1979	1983		1979	1983
low (<700 m)	19	950	8	67	91.4	5	66
high (>700m)	17	850	17	37	72.6	9	27
Total	36	1800	12	54	164.0	7	48

Table 4. Percentage of dead balsam fir in 1983 in plots in mature and immature stands at low and at high elevations and for all plots combined

Elevation in m	Type of stand			
	Mature (60 + years)		Immature (30-45 years)	
	No. of plots	% dead	No. of plots	% dead
<700	11	73	9	51
>700	8	35	8	39
Total	19	54	17	45

Stand age

Stand age is another factor that can affect tree mortality resulting from budworm defoliation. Studies in past outbreaks indicated that fir trees in immature stands were generally more resistant to budworm attack than fir trees in mature stands (MacLean 1980). In this study, 19 plots were established in mature stands (11 at low elevations and 8 at high elevations) and 17 plots were established in immature stands (9 at low elevations and 8 at high elevations). Data on percentage of dead balsam fir in 1983 for plots in mature and in immature stands at low and at high elevations and for all plots combined are shown in Table 4. For all plots combined, mortality amounted to 54 percent in mature and to 45 percent in immature stands. At high elevations, mortality in mature and immature stands was 35 and 39 percent indicating that in this zone stand age had no apparent effect on tree mortality. However, at low elevations tree mortality was somewhat greater in mature (73%) than in immature (51%) stands.

Treatment

Although in recent years application of chemical insecticides to control damage by spruce budworm took place mostly in the Lower St. Lawrence and Gaspé regions a few areas were treated in the Laurentian Reserve. In the early 1980s in addition to treating defoliated stands to prevent tree mortality, a new policy of treating stands with up to 25 percent of dead trees was adopted. This practice was initiated to retard mortality of surviving trees so as to permit a prolonged period for pre-salvage and salvage operations. Plot 26 was so treated in both 1981 and 1982. In 1980, 16 percent of the balsam fir trees were dead in this plot. Treatment was successful insofar as foliage protection was concerned; defoliation of the current year's foliage was only about 10 percent each year treatment was applied. Yet, in spite of this protection, tree mortality progressed in this plot, and by 1983 had reached 48 percent (Table 1). Although treatment greatly reduced defoliation, this was of little use to the trees, because shoot production at the time of treatment had been greatly reduced due to past defoliation. It is not possible to ascertain from this one instance that the policy of treating severely damaged stands to retard tree mortality

is not effective, but as noted earlier, once tree mortality has begun in a stand it can progress fairly rapidly irrespective of any future defoliation (Blais 1981).

White spruce

Of the 801 white spruce trees studied none were dead when the plots were established in 1979; by 1983 only 6 percent had died at the rate of about 1 percent per year.

SUMMARY AND DISCUSSION

During the past 300 years the Laurentian Reserve in Quebec has been subjected to seven consecutive outbreaks starting respectively about 1704, 1748, 1808, 1834, 1910, 1947, and 1972 (Blais 1965, 1983a). The two infestations in the 18th century were probably severe, the two in the 19th century were of short duration and caused little damage, while the three that took place in the 20th century were severe and caused serious damage. It has been estimated that the merchantable softwoods destroyed during the 1947 outbreak in this region amounted to 19.4 million m^3 (5.4 million cords) while about 5.8 million m^3 (1.8 million cords) were lost through reductions in increment (Blais 1964). Although the final impact of the current outbreak will not be known until insect populations subside, damage to date is very considerable and the ultimate losses will probably be greater than during the preceeding one. The history of budworm outbreaks in the Laurentian Reserve support the evidence gained in other regions in eastern Canada, namely, that during the 20th century outbreaks have been more frequent and more severe than during the 19th century (Blais 1983a).

By 1983, mortality of balsam fir varied considerably between the 36 study plots and ranged from 0 to 100 percent. This was due largely to variations in the degree of defoliation from year to year between plots. Such an observation provides further evidence that during an ongoing outbreak it is very hazardous to attempt to predict tree mortality on a yearly basis up to five or ten years ahead since insect numbers can vary

unexpectedly from year to year (Blais 1983b). In the Laurentian Reserve, the factor that most influenced defoliation is elevation. Throughout the study area, defoliation remained at a high level from 1975 to 1977. At elevations below 700 m it remained high until 1981 when it started to decline. The decline was probably due to food depletion; by 1981 about 50 percent of the fir of merchantable size were dead while most of the surviving trees were very severely defoliated and shoot production was greatly reduced. At elevations above 700 m, defoliation was much reduced from 1978 to 1981. The cause for this reduction is not known, but may be due to unfavorable climatic conditions; at these elevations the frost-free period is short. In 1982 and 1983, defoliation returned to high levels at elevations above 700 m. This could be the result of a return of more favorable weather, but the migration of ovipositing moths from the lower elevations where foliage had become scarce could also have contributed to this situation. It is noteworthy that during the 1947-57 outbreak in the Laurentian Reserve, a similar prolonged interruption in defoliation took place; at that time the phenomenon applied throughout the region (Blais 1964).

There are indications that at this stage of the outbreak immature fir stands at lower elevations were somewhat more resistant than mature stands, 51 percent of the trees in immature stands had died compared to 73 percent in mature stands. MacLean (1980) mentions in his review of the vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks that fir mortality in mature stands, based on 63 plots, averaged 85 percent, while fir mortality in immature stands, based on 26 plots, averaged 42 percent. During the course of the present outbreak in eastern Canada it has been noted that in some regions the vulnerability of balsam fir in mature stands and immature stands did not greatly differ (Moody 1981, Blais 1981). As mentioned earlier, trees will certainly continue to die at lower elevations in the Laurentian Forest Reserve. Whether there will be a differential in tree mortality between immature and mature stands at the end of the outbreak remains to be seen. The ultimate mortality will be very high in both mature and immature stands and any difference could be of little importance.

During previous studies, it was observed that the first trees to die in a stand are those in the suppressed and intermediate crown classes because these trees have less foliage than the codominant and dominant crown classes and because they are invaded by larvae that drop from the taller trees. Observations during the present study corroborate this phenomenon. The smaller-diameter trees were the first to die in the study plots and in 1979, the percentage of dead stems of merchantable size was greater than the percentage of volume of dead trees. By 1983, at low elevations where there was no interruption in defoliation, the percentage of dead stems had reached 67 percent and was equal to the percentage loss in merchantable volume. At this stage of the infestation, tree mortality was more equally distributed among diameter and crown classes.

When the plots were established in 1979, none of the 801 white spruce trees were dead, and by 1983 only 6 percent of these trees had died. It has long been recognized that white spruce is more resistant than balsam fir to budworm attack, and this is borne out by the present study. The vulnerability of balsam fir to uncontrolled spruce budworm outbreaks is usually high; mortality in mature stands often approaches 100 percent (MacLean 1980). Mortality of white spruce is much more variable and can range from 5 to 70 percent (MacLean 1980, Blais 1981). It is possible that most white spruce trees in the low elevation zone will survive the outbreak since budworm populations could remain at relatively low levels because of food depletion resulting from the extensive mortality of balsam fir. Predicting the fate of white spruce trees in the high elevation zone is more difficult. Although, at this stage, food supply for the insect is less of a limiting factor in this zone than at lower elevations, it is impossible to predict whether the recent resurgence in defoliation will continue in the next few years.

The variations in defoliation between the two elevation zones was reflected in the rate of tree mortality. At lower elevations, mortality of balsam fir had reached 67 percent by 1983 and at higher elevations it had reached 38 percent. At lower elevations mortality will continue

irrespective of any future defoliation; many of the trees that are still living have reached a point of no return and will continue to die during the next few years. By 1985, mortality of balsam fir of merchantable size will probably reach close to 85 percent. Since fir is the most common tree species in many sectors at lower elevations, this loss will be very serious. Part of the loss will have been compensated through salvage operations, but these operations were undertaken too late to avert the loss of several million cubic metres.

At elevations above 700 m, the reduction in defoliation from 1978 to 1982 resulted in the recovery of many trees. This is reflected in the production of foliage and in an increase in radial growth (Archambault 1983). Although defoliation increased substantially in this zone in 1983, the trees could withstand another two to three years of severe defoliation before there is a substantial increase in tree mortality. The rate of mortality could be rapid because the trees have not completely recovered from the first wave of defoliation. However, the relative scarcity of balsam fir at high elevations would lessen the socio-economic impact of any further losses.

REFERENCES

Archambault, L. 1983. Impact of defoliation caused by the spruce budworm on volume growth in three fir stands. Dep. Environ., Can. For. Serv. Res. Notes 3:17-19.

Blais, J.R. 1964. Account of a recent spruce budworm outbreak in the Laurentide Park region of Quebec and measures for reducing damage in future outbreaks. For. Chron. 40:313-323.

Blais, J.R. 1965. Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentide Park, Quebec. For. Sci. 11:138-139.

Blais, J.R. 1980. Condition du sapin et de l'épinette blanche dans la région du parc des Laurentides en 1979 face à l'épidémie de la tordeuse et prévision des pertes. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Ste-Foy, Qué., Rapp. Inf. LAU-X-43. 16 p.

Blais, J.R. 1981. Mortality of balsam fir and white spruce following a spruce budworm outbreak in the Ottawa River Watershed in Quebec. Can. J. For. Res. 11:620-629.

Blais, J.R. 1983a. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. Can. J. For. Res. 13:539-547.

Blais, J.R. 1983b. Predicting tree mortality induced by spruce budworm: a discussion. For. Chron. 59:294-297.

MacLean, D.A. 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. For. Chron. 56:213-221.

Moody, B.H. 1981. Damage by the present outbreak to the forests of Newfoundland to 1979: immature stands Pages 47-49 *in* Review of the spruce budworm outbreak in Newfoundland - its control and forest management implications. Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Centre, Inf. Rep. N-X-205.

Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Can. Dep. Environ., Can. For. Serv. Publ. 1300.

Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

Government of Canada
Canadian Forestry Service

Répercussions des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides (Rapport d'étape)

J.R. Blais

Rapport d'information LAU-X-68F
Centre de foresterie des Laurentides

CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES

Le Centre de foresterie des Laurentides (CFL) est un des six établissements régionaux du Service canadien des forêts (SCF). Le Centre poursuit des travaux de recherche et de développement pour un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec. En collaboration avec divers groupes et organismes québécois, les chercheurs du CFL visent à acquérir une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers en vue de contribuer à solutionner les problèmes majeurs en foresterie au Québec et à développer des méthodes acceptables pour l'amélioration et la sauvegarde de l'environnement forestier.

Au Québec, les activités du SCF portent sur trois éléments majeurs: la recherche dans le domaine des ressources forestières, la recherche dans le domaine de la protection et enfin, le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins des organismes intéressés à l'aménagement forestier, surtout dans le but d'améliorer la protection, la croissance et la qualité de la ressource forestière de la région. L'information est diffusée sous forme de rapports scientifiques, de feuillets techniques ou autres publications dans le but d'atteindre toutes les catégories d'utilisateurs des résultats de recherche.

LAURENTIAN FORESTRY CENTRE

The Laurentian Forestry Centre (LFC) is one of six regional establishments of the Canadian Forestry Service (CFS). The Centre's objective is to promote, through research and development, the most efficient and rational management and use of Quebec's forest. In cooperation with several Quebec agencies, scientists at LFC seek to acquire a better understanding of how the forest ecosystem works with a view to solving major forestry problems and develop methods to improve and to protect the forest environment.

In the province of Quebec, CFS's program consists of three major elements: forest resources research, forest protection research, and forest development. Most of the research is undertaken in response to the needs of forest management agencies, with the aim of improving the protection, growth, and quality of the region's forest resource. The results of this research are distributed to potential users through scientific and technical reports and other publications.

Page couverture: Mortalité du sapin baumier causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Photo: C. Monnier)

Répercussions des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides (Rapport d'étape)

J.R. Blais

Rapport d'information LAU-X-68F

1985

Centre de foresterie des Laurentides
Service canadien des forêts

Des exemplaires vous sont offerts gratuitement au:
Centre de foresterie des Laurentides
Service canadien des forêts
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

No de catalogue Fo46-18/68F
ISSN 0703-2196
ISBN 0-662-93516-0

©Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1985

Available in English under the title: "Impact of the spruce budworm on balsam fir and white spruce in the Laurentian Reserve, Quebec: An Interim Report"

TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCTION	1
MÉTHODES	2
RÉSULTATS	3
Altitude	5
Âge du peuplement	10
Traitement	11
Épinette blanche	11
RÉSUMÉ ET DISCUSSION	12
RÉFÉRENCES	16

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Page

Tableau 1. Zone d'altitude, catégorie d'âge du peuplement, première année de mortalité des arbres et pourcentage cumulatif de mortalité en 1983 pour 50 sapins baumiers, par parcelle expérimentale. 4

Tableau 2. Pourcentage des parcelles expérimentales à faible (>700 m) et à haute (<700 m) altitude où la pousse de l'année a subi une défoliation légère, modérée ou grave, par année. 6

Tableau 3. Mortalité des sapins baumiers de grosseur marchande et pourcentage du volume d'arbres morts en 1979 et en 1983, pour les parcelles à haute et à basse altitude et pour toutes les parcelles combinées. 9

Tableau 4. Pourcentage des sapins baumiers morts en 1983 dans les parcelles expérimentales des peuplements mûrs et jeunes, à haute et à basse altitude et pour toutes les parcelles combinées. 9

Figure 1. Limites de la réserve des Laurentides, contour du secteur à une altitude supérieure à 700 m et emplacement des parcelles expérimentales 1

Figure 2. Pourcentage cumulatif moyen de la mortalité due à la TBE, de 1978 à 1983, pour 20 parcelles à une altitude inférieure à 700 m, pour 16 parcelles à une altitude supérieure à 700 m et pour toutes les parcelles combinées. 7

RÉSUMÉ

L'invasion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) qui a débuté dans l'ouest du Québec en 1967 a gagné graduellement l'est et a atteint la réserve des Laurentides en 1972. En 1979, 37 parcelles expérimentales furent établies dans la réserve des Laurentides pour suivre l'évolution de la mortalité du sapin baumier et de l'épinette blanche. Nous présentons ici la situation qui prévalait en 1983. Seulement 6 % des épinettes blanches étaient détruites, tandis que 54 % des sapins étaient morts. Le taux de mortalité du sapin baumier variait considérablement entre les diverses parcelles et se situait de 0 à 100 %. La mortalité des sapins dans les 20 parcelles situées en deçà de 700 m d'altitude atteignait 67 %, tandis que dans les 16 parcelles situées à une altitude au-dessus de 700 m elle n'était que de 37 %. Cet écart était attribuable aux variations de la défoliation annuelle entre les deux zones d'altitude. À une altitude supérieure à 700 m, la défoliation a diminué de 1978 à 1982, alors qu'au-dessous de 700 m, elle est demeurée élevée. Dans la zone à plus basse altitude, le sapin est l'essence la plus répandue, et dans ce secteur, les pertes touchent déjà plusieurs millions de mètres cubes. Par contre, à plus haute altitude la principale essence est l'épinette noire, et les pertes dues à l'épidémie sont moins lourde de conséquence. Les pertes dans les jeunes peuplements et dans les peuplements mûrs des secteurs élevés étaient similaires; dans les parcelles à plus basse altitude, la mortalité s'élevait en moyenne à 73 % dans les peuplements mûrs et à 51 % dans les jeunes. Le pourcentage des pertes en volume par rapport au pourcentage des pertes de tiges était le même dans le secteur inférieur à 700 m, mais il était légèrement plus faible dans le secteur au-dessus de 700 m. Bon nombre de sapins ont atteint le point de non-retour et la mortalité va progresser dans les parcelles à basse altitude quelles que soient les défoliations futures; elle atteindra probablement 85 % en 1985. La progression de la mortalité du sapin dans les secteurs élevés dépendra des fluctuations de population de l'insecte dans ce secteur au cours des prochaines années. Il est probable que la plupart des épinettes blanches tant à faible qu'à haute altitude survivront à l'invasion.

ABSTRACT

The spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak that began in western Quebec in 1967 gradually progressed eastward and reached the Laurentian Reserve by 1972. In 1979, 37 study plots were established in the Laurentian Reserve to follow the progress of the mortality of balsam fir and white spruce. This is a report on the 1983 situation when only 6 percent of white spruce trees were dead while mortality of fir trees reached 54 percent. Mortality of balsam fir varied considerably between plots ranging from 0 to 100 percent. Mortality of fir trees in the 20 plots at elevations below 700 m reached 67 percent while in the 16 plots above 700 m it reached 37 percent. This difference was attributable to variations from year to year in defoliation between the two elevation zones. At elevations above 700 m defoliation decreased from 1978 to 1982; at elevations below 700 m defoliation remained high. Fir is the most common species at lower elevations and losses already amount to several million cubic metres in this zone. Because black spruce is the common species at higher elevations losses due to the infestation are not as consequential. There was no difference in mortality of fir between young and mature stands at higher elevations; at lower elevations mortality averaged 73 percent in mature and 51 percent in immature stands. The percentage loss in volume in relation to the percentage loss in stems was equal at lower elevations but was somewhat less at higher elevations. Many fir trees have reached the point of no return and mortality will progress at lower elevations irrespective of any future defoliation and will probably reach 85 percent in 1985. Progress of fir mortality at higher elevations will depend on insect numbers in this zone in the future. The majority of white spruce trees in both elevation zones will likely survive the outbreak.

INTRODUCTION

Une invasion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.) débutait dans l'ouest du Québec vers 1967. Cette invasion a gagné graduellement l'est de la province et en 1972 elle atteignait la réserve des Laurentides. Des études furent entreprises en 1979 pour évaluer la progression des dommages au sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et à l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) dans la réserve des Laurentides. Trente-sept parcelles expérimentales furent établies dans l'ensemble de cette région qui couvre environ 1 300 000 hectares (figure 1). Les méthodes utilisées et la situation qui prévalait en 1979 ont été décrites par Blais (1980). La parcelle 12 a été coupée par inadvertance en 1981 au cours d'opérations de récupération; les analyses portent donc sur 36 parcelles.

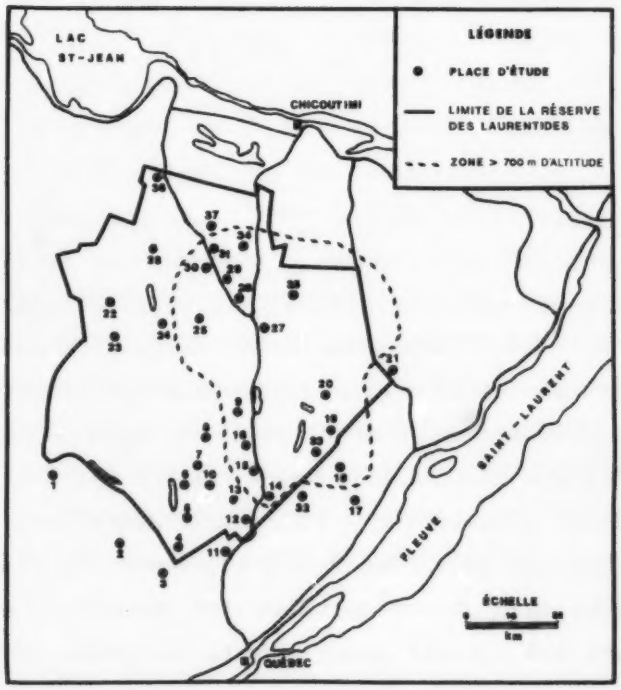


Figure 1. Limites de la réserve des Laurentides, limite de la zone supérieure à 700 m, et emplacement des parcelles expérimentales.

En 1983, l'invasion de la tordeuse dans la réserve des Laurentides était en cours depuis 12 ans et l'établissement des parcelles expérimentales remontait à cinq ans. Les dommages à la forêt étaient déjà considérables et, même si les répercussions globales de cette épidémie sur les peuplements de sapin et d'épinette ne seront connues qu'à la fin de l'invasion, on peut cependant apprendre beaucoup en examinant ce qui s'est passé jusqu'à maintenant. Ces renseignements, quoiqu'ils s'appliquent plus particulièrement à la région de la réserve des Laurentides, permettent de mieux comprendre certains éléments essentiels des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE).

Des deux essences étudiées, le sapin baumier est la plus vulnérable aux attaques de la TBE. Les premiers arbres dans un peuplement de sapin commencent habituellement à mourir après quatre ou cinq ans de défoliation grave de la pousse de l'année; l'épinette blanche peut résister environ deux ans de plus avant de succomber. En 1983, le taux de mortalité du sapin baumier était en forte progression dans la région étudiée, alors que celui de l'épinette blanche était jusqu'à ce moment à peine apparent. Par conséquent, le présent rapport portera presqu'exclusivement sur la condition du sapin.

MÉTHODES

Lorsque les parcelles furent établies en 1979, tous les sapins baumiers de grosseur marchande (10 cm^{+} dhp), dans un corridor de trois mètres de largeur, ont été choisis et numérotés à la suite, soit au total 50 arbres. La longueur du corridor était déterminée selon la densité des arbres. L'épinette blanche étant une essence plus rare, certains arbres furent choisis à l'extérieur du corridor en plus de ceux se trouvant à l'intérieur du corridor. Le nombre d'épinettes blanches variait d'une parcelle à l'autre. Au départ, l'étude portait sur 1 850 sapins baumiers et 801 épinettes blanches. Depuis 1979, les parcelles furent visitées tous les ans et chacun des arbres numérotés dans chaque parcelle fut examiné. À chacune des visites, les arbres ont été classés comme vivants ou morts. Un

arbre était considéré comme mort lorsque le cambium était brun ou strié de brun. En 1979 et 1980, on a évalué à l'aide de jumelles la défoliation de la pousse de l'année de chaque arbre vivant. Au cours des trois années suivantes, la défoliation de la pousse de l'année fut évaluée pour l'ensemble du peuplement, étant donné la proportion élevée de branches et de cimes mortes due aux déprédations répétées de l'insecte, ce qui rendait très difficile une évaluation plus précise. La défoliation était classée en trois catégories: légère (5-25 %) modérée (26-75 %) ou grave (76-100 %). Les données sur la défoliation de la pousse annuelle pour les années 1974 à 1978 s'appuyaient sur les reconnaissances aériennes effectuées chaque année par le ministère québécois de l'Énergie et des Ressources et publiées dans leurs rapports annuels sur les études se rapportant au programme de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

RÉSULTATS

L'année du début de la mortalité des arbres et le pourcentage total de mortalité lors de l'année 1983 variaient beaucoup selon les parcelles (tableau 1). Quand le début de mortalité s'était produit avant 1979, l'année de la mort fut établie en se basant sur l'activité des insectes secondaires comme le scolyte et le scieur longicorne (Blais, 1980). Le pourcentage total de mortalité en 1983 et l'année des premières mortalités ne présentaient aucune corrélation.

Plusieurs facteurs peuvent influer sur la défoliation, y compris le niveau de population de l'insecte, la topographie, l'âge et la composition des peuplements, la qualité de la station et son emplacement par rapport aux peuplements environnants. Dans le cadre de la présente étude, les principaux facteurs retenus pouvant avoir une incidence sur la mortalité des arbres, furent l'altitude, la défoliation et l'âge des peuplements. Les populations de larves ne furent pas vérifiées mais il s'ensuit que le degré de défoliation reflète l'ampleur des populations larvaires; une défoliation

Tableau 1. Zone d'altitude, catégorie d'âge du peuplement, première année de mortalité des arbres et pourcentage de mortalité en 1983 pour 50 sapins baumiers, par parcelle expérimentale

Parcelle	Altitude		Catégorie d'âge		Première année de mortalité	% cumulatif de mortalité en 1983
	<700 m	>700 m	J*	M		
1	X			X	1980	42
2	X			X	'79	54
3	X			X	'77	76
4	X			X	'79	72
5	X		X		'78	54
6	X		X		'79	48
7	X		X		'79	36
8	X		X		-	0
9		X		X	'79	32
10	X		X		'78	96
11	X			X	'79	96
13	X		X		'78	92
14		X	X		'79	46
15		X		X	'77	32
16		X	X		'77	38
17	X			X	'78	98
18		X		X	'78	8
19		X	X		'78	16
20		X		X	'77	42
21	X		X		'79	72
22	X			X	'79	42
23	X		X		'79	26
24	X			X	'79	92
25		X	X		'78	44
26	X			X	'79	48
27		X		X	'77	52
28		X	X		'77	56
29		X	X		'76	88
30		X		X	'78	40
31		X		X	'80	10
32	X			X	'77	100
33		X		X	'76	64
34		X	X		'79	12
35		X	X		'79	12
36	X			X	'78	88
37	X		X		'79	36
T	20	16	17	19		

*J = jeune (30-45 ans) M = mûr (plus de 60 ans)

grave de la pousse de l'année indique la présence de populations élevées, tandis qu'une défoliation légère est un indice de populations moins abondantes. Une seule parcelle (26) fut traitée à l'aide d'insecticides durant deux années consécutives; cela a permis d'obtenir certaines informations sur les effets du traitement d'un peuplement gravement défolié.

Altitude

Le facteur ayant eu le plus d'influence sur le degré de défoliation et la mortalité des arbres a été le degré d'altitude. Dans la réserve des Laurentides, l'altitude varie considérablement: de 400 m (1 300 pi) à 1 000 m (3 200 pi). Il est vite apparu que la défoliation était très différente au-dessus et en-dessous de 700 m. Ce niveau marque également la limite de deux types de forêt; au-dessous de 700 m, le sapin baumier est l'espèce la plus commune et le type de forêt est caractéristique de la partie méridionale de la forêt boréale. À plus haute altitude, la forêt présente l'aspect de la partie septentrionale de la forêt boréale, le sapin étant moins abondant et l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) devient l'essence la plus courante (Rowe, 1972). Environ 40 % du secteur étudié se trouvait au-dessus de 700 m; 16 parcelles s'y retrouvaient tandis que les 20 autres parcelles étaient au-dessous de 700 m (figure 1) (tableau 1). Le pourcentage de parcelles, par secteur d'altitude, ayant subi une défoliation soit légère, moyenne ou grave de la pousse de l'année, entre 1975 et 1983 est indiqué au tableau 2. De 1974 à 1977, la défoliation a été grave dans l'ensemble de la région de la réserve des Laurentides, comme dans la plupart des régions du Québec touchées par la TBE. Dans les secteurs à haute altitude la défoliation a connu une baisse prononcée en 1978 et 1979, elle est redevenue grave en 1980, suivi d'une autre année de défoliation réduite, puis elle a commencé à augmenter de nouveau en 1982 et s'est accentuée en 1983 (tableau 2). À faible altitude, la défoliation de la pousse de l'année a été constamment grave de 1975 à 1980. De 1981 à 1983, les populations d'insectes de ce secteur ont diminué dans certaines localités, probablement suite à l'épuisement de nourriture occasionné par la mortalité des arbres.

Tableau 2. Pourcentage des parcelles expérimentales à faible (<700 m) et à haute (>700 m) altitude où la pousse de l'année a subi une défoliation légère, modérée ou grave, par année

Année	Pourcentage des parcelles					
	Faible altitude (20 parcelles)			Haute altitude (16 parcelles)		
	L**	M	G	L	M	G
1975*	0	0	100	0	0	100
1976	0	0	100	0	0	100
1977	0	0	100	0	0	100
1978	0	0	100	100	0	0
1979	0	10	90	94	6	0
1980	5	5	90	50	12	38
1981	50	15	35	94	6	0
1982	75	10	15	56	6	38
1983	25	15	60	6	25	69

* De 1975 à 1978 d'après des reconnaissances aériennes,
de 1979 à 1983 d'après des observations faites dans chaque parcelle.

** L = défoliation légère (1-25 p. 100)
M = défoliation moyenne (26-75 p. 100)
G = défoliation grave (76-100 p. 100)

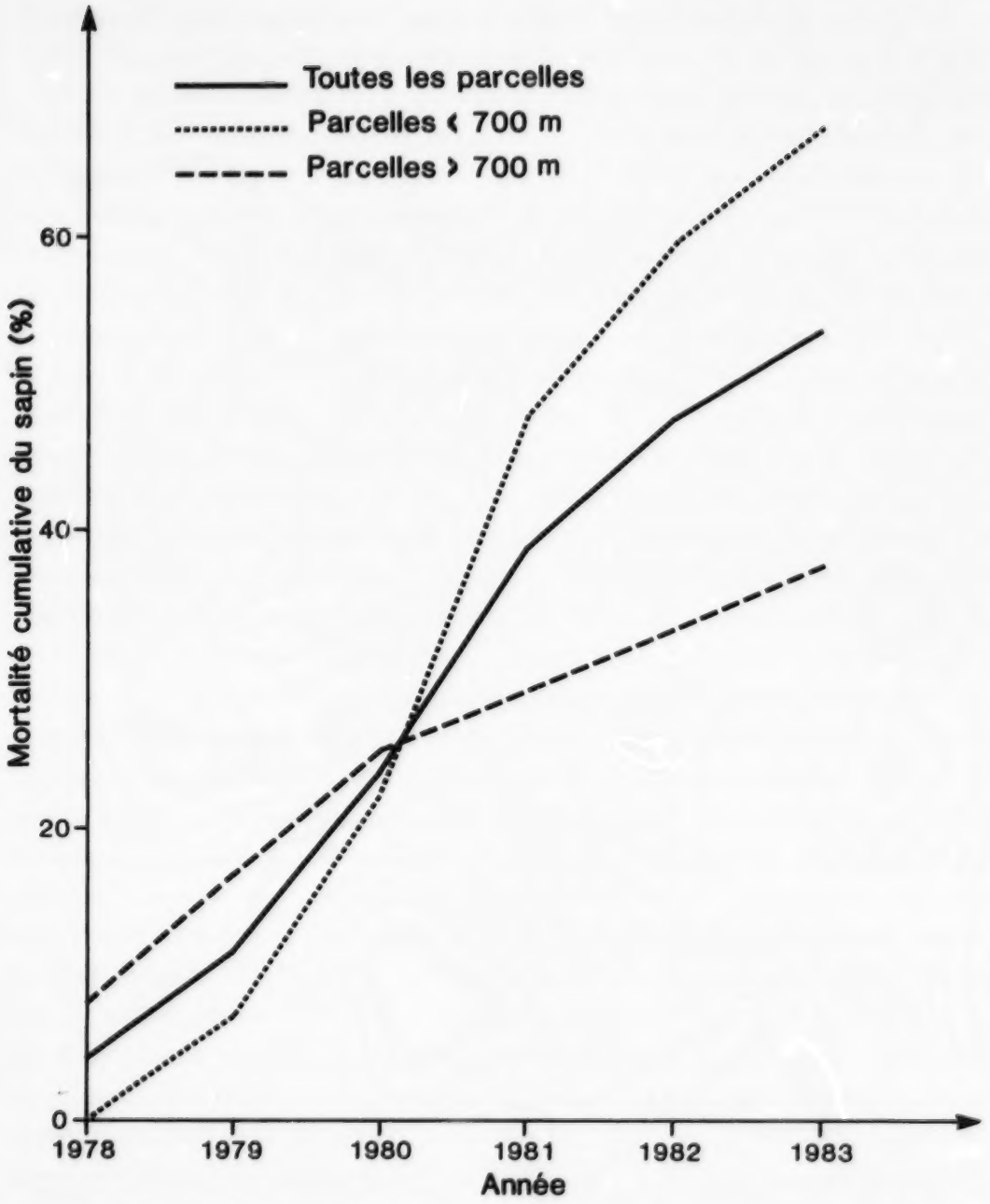


Figure 2. Pourcentage cumulatif moyen de la mortalité due à la TBE de 1978 à 1983, pour 20 parcelles à une altitude inférieure à 700 m, pour 16 parcelles à une altitude supérieure à 700 m et pour toutes les parcelles combinées.

Comme on pouvait s'y attendre, une différence aussi marquée de défoliation entre les deux secteurs d'altitude s'est traduite par des différences dans la progression de la mortalité des arbres dans chaque secteur. Le pourcentage cumulatif moyen de mortalité du sapin baumier due à la TBE, entre 1979 et 1983, pour toutes les parcelles, c'est-à-dire les 20 parcelles au-dessous de 700 m d'altitude et les 16 parcelles au-dessus de 700 m, est indiqué à la figure 2. Au moment de l'établissement des parcelles en 1979, les sapins baumiers commençaient à mourir; pour l'ensemble des parcelles, la mortalité s'élevait à 12 % des 1 850 sapins examinés. Le taux de mortalité a progressé chaque année et, en 1983, atteignait 53 % (figure 2). Comme la défoliation différait selon les zones d'altitude, la progression de la mortalité après 1977 a été différente dans les deux secteurs. En 1979, plus de sapins étaient morts dans les parcelles à haute altitude que dans celles à basse altitude; le taux moyen de mortalité à ces deux altitudes s'établissait respectivement à 17 et à 8 % (figure 2). Cette différence était peut-être due aux différences dans la qualité de la station et aux caractéristiques des arbres entre les deux zones. À cause du climat plus rude à haute altitude, il y a moins de bourgeons par longueur de branche de sapin et les pousses sont plus courtes que sur les sapins qui croissent dans les sols plus riches et dans un climat plus chaud à plus basse altitude (Blais, 1980). Étant donné qu'il y avait moins de nourriture disponible par branche à haute altitude, les arbres y étaient plus vulnérables aux attaques de l'insecte. Toutefois, en raison d'une diminution de la défoliation à haute altitude après 1977, la mortalité a progressé plus lentement qu'à basse altitude où les populations sont demeurées à un niveau élevé. Entre 1979 et 1983, la mortalité du sapin dans les parcelles se trouvant au-dessus de 700 m est passée de 17 à 38 %, tandis qu'au-dessous de 700 m, elle a fait un bond de 8 à 67 % (figure 2). En règle générale, lorsque la défoliation de la pousse de l'année cesse ou qu'elle diminue fortement dans les peuplements où la mortalité est amorcée, la mort des arbres se poursuit durant les trois à cinq années suivantes (Blais, 1981). La défoliation a été généralement légère à haute altitude après 1977 et la mortalité qui s'est manifestée entre 1978 et 1983 a été presque entièrement attribuable à la défoliation survenue avant 1978. La progression beaucoup plus rapide de la mortalité

Tableau 3. Mortalité des sapins baumiers de grosseur marchande et pourcentage du volume d'arbres morts en 1979 et en 1983, pour les parcelles à haute et à basse altitude et pour toutes les parcelles combinées

Altitude	Nombre de parcelles	Nombre d'arbres	% des arbres morts		Volume total en m^3	% du volume d'arbres morts, m^3	
			1979	1983		1979	1983
faible (<700 m)	19	950	8	67	91,4	5	66
élevée (>700m)	17	850	17	37	72,6	9	27
Total	36	1800	12	54	164,0	7	48

Tableau 4. Pourcentage des sapins baumiers morts en 1983 dans les parcelles des peuplements mûrs et jeunes, à haute et à basse altitude, et pour toutes les parcelles combinées

Altitude en m	Type de peuplement			
	Mûr (+ 60 ans)		Jeune (30-45 ans)	
	Nombre de parcelles	% d'arbres morts	Nombre de parcelles	% d'arbres morts
<700	11	73	9	51
>700	8	35	8	39
Total	19	54	17	45

du sapin à basse altitude était le résultat des défoliations antérieures à 1978 plus les défoliations graves au cours des années subséquentes.

Le tableau 3 montre le pourcentage de mortalité du sapin baumier et le pourcentage du volume d'arbres morts en 1979 et en 1983, pour les parcelles se trouvant à haute altitude, à basse altitude et pour toutes les parcelles combinées. Étant donné que le taux de mortalité était plus élevé pour les arbres de petit diamètre (10 à 14 cm dhp) au début de l'invasion, le pourcentage (7 %) du volume d'arbres détruits était inférieur au pourcentage (12 %) des arbres morts pour l'ensemble des parcelles. En 1983, la différence s'est maintenue dans les parcelles à haute altitude où la mortalité a progressé lentement, alors que dans les parcelles à basse altitude, le pourcentage des arbres détruits et le pourcentage du volume d'arbres morts était semblable, soit 67 et 66 respectivement, ce qui indique qu'au cours des dernières années, davantage d'arbres de gros diamètre ont succombé par rapport aux premières années de l'invasion.

Âge du peuplement

L'âge d'un peuplement est un autre facteur qui peut influer sur la mortalité des arbres suite aux défoliations causées par la tordeuse. Des études d'invasions antérieures ont révélé que les sapins se trouvant dans des peuplements jeunes étaient généralement plus résistants aux attaques de TBE que ceux se trouvant dans des peuplements mûrs (MacLean, 1980). Dans la présente étude, on a délimité 19 parcelles dans des peuplements mûrs (11 à basse altitude et 8 à haute altitude) et 17 parcelles dans des jeunes peuplements (9 à basse altitude et 8 à haute altitude). Le tableau 4 fournit les données sur le pourcentage de sapins baumiers détruits en 1983 pour les parcelles se trouvant dans des peuplements mûrs et jeunes, à haute et basse altitude et pour toutes les parcelles combinées. Pour cette dernière catégorie, le taux de mortalité a atteint 54 % dans les peuplements mûrs et 45 % dans les jeunes peuplements. À haute altitude, le taux de mortalité dans les peuplements mûrs et jeunes a été de 35 et 39 % respectivement, ce qui indique que dans ce secteur, l'âge du peuplement a eu peu d'influence sur

les taux de mortalité. Toutefois, à basse altitude la mortalité a été un peu plus élevée dans les peuplements mûrs (73 %) que dans les jeunes peuplements (51 %).

Traitement

Bien que, au cours des dernières années, l'épandage d'insecticides pour limiter les dommages causés par la TBE ait surtout été appliqué dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie, quelques endroits ont été traités dans la réserve des Laurentides. Au début des années 1980, en plus de traiter des peuplements défoliés pour les empêcher de mourir, on a adopté une nouvelle politique de traitement de peuplements ayant jusqu'à 25 % d'arbres morts. La pratique avait pour but de retarder la mortalité des arbres survivants, afin de prolonger la période allouée aux opérations de pré-récupération et de récupération. C'est ainsi que la parcelle 26 a été traitée en 1981 et 1982, suite à un taux de mortalité de 16 % des sapins baumiers en 1980. Le traitement a été un succès en matière de protection du feuillage; la défoliation de la pousse de l'année n'a été que de 10 % environ chaque année du traitement. Malgré cette mesure, la mortalité a augmenté dans cette parcelle et en 1983 elle a atteint 48 % (tableau 1). Bien que le traitement ait réduit de beaucoup la défoliation, cela n'a pas été tellement utile aux arbres parce que la production des pousses au moment du traitement avait été fortement réduite à cause de la défoliation antérieure. Il n'est pas possible d'établir, à partir de ce cas, que la politique de traitement des peuplements gravement atteints en vue de retarder la mortalité des arbres soit inefficace. Toutefois, comme on l'a fait remarquer auparavant, une fois que la TBE a commencé à ravager un peuplement, la mortalité se poursuit assez rapidement, quelle que soit la défoliation subséquente. (Blais, 1981).

Épinette blanche

Des 801 épinettes blanches étudiées, aucune n'était morte lorsque les parcelles ont été établies en 1979; en 1983, le taux de mortalité était seulement de 6 %, soit environ un pour cent par année.

RÉSUMÉ ET DISCUSSION

Au cours des trois cents dernières années, la réserve des Laurentides, au Québec, a subi sept invasions successives qui ont commencé respectivement vers 1704, 1748, 1808, 1834, 1910, 1947 et 1972 (Blais, 1965, 1983a). Les deux invasions du 18e siècle ont vraisemblablement été sérieuses, les deux du 19e siècle ont été de courte durée et n'ont provoqué que peu de pertes, alors que les trois invasions du 20e siècle ont été graves et ont détruit de très nombreux arbres. On a estimé que 19,4 millions de m^3 (5,4 millions de cordes) de sapin et d'épinette de grosseur marchande avaient été détruits au cours de l'invasion de 1947 dans cette région alors qu'environ 5,8 millions de m^3 (1,8 millions de cordes) avaient été perdus par des réductions d'accroissement (Blais, 1964). Bien que l'on ne puisse connaître les répercussions finales de l'invasion actuelle avant la fin de l'épidémie, les dommages jusqu'à ce jour sont très importants et les pertes totales seront probablement supérieures à celles de l'invasion précédente. L'historique des invasions de la tordeuse des bourgeons dans la réserve des Laurentides vient appuyer les constatations faites dans d'autres régions de l'est du Canada, à savoir que les invasions du 20e siècle ont été plus fréquentes et plus graves que celles du 19e siècle (Blais, 1983a).

Jusqu'en 1983, le taux de mortalité du sapin baumier a varié considérablement entre les 36 parcelles étudiées, allant de 0 à 100 %. Cela était dû en grande partie aux variations du degré de défoliation annuelle entre les diverses parcelles. Une telle observation prouve une fois de plus qu'au cours d'une invasion il est très dangereux d'essayer de prédire le taux de mortalité annuel pour cinq ou dix ans à l'avance, puisque le nombre d'insectes peut varier de façon imprévisible d'une année à l'autre et d'un endroit à l'autre (Blais, 1983b). Dans la réserve des Laurentides, le facteur qui a le plus influencé la défoliation est l'altitude. Dans l'ensemble du secteur étudié, la défoliation s'est maintenue à un niveau élevé de 1975 à 1977. À une altitude inférieure à 700 m, elle est restée élevée jusqu'en 1981, puis elle a commencé à diminuer. Cette diminution a probablement été

attribuable à un manque de nourriture; en 1981, environ 50 % des sapins de grosseur marchande étaient déjà morts, tandis que la plupart des survivants étaient très gravement défoliés et la production de pousses était fortement réduite. Dans les parcelles se trouvant au-dessus de 700 m, la défoliation a été beaucoup moins forte de 1978 à 1981. On ne connaît pas la cause de cette réduction, mais elle a pu être le résultat de conditions climatiques défavorables. À cette altitude, la période sans gel est courte. En 1982 et 1983, la défoliation est revenue en force dans les parcelles à plus de 700 m d'altitude. La cause pourrait être le retour du temps plus clément, mais la migration des papillons en provenance des basses altitudes où le feuillage était devenu rare pourrait également avoir contribué à cette situation. Il convient de noter que durant l'invasion de 1947-1957 dans la réserve des Laurentides, une semblable interruption prolongée de la défoliation s'était produite; à ce moment-là, le phénomène s'était étendu à l'ensemble de la région (Blais, 1964).

Il semble qu'à ce stade de l'invasion, les jeunes peuplements de sapins situés à faible altitude ont été plus résistants que les peuplements mûrs; en effet 51 % des arbres des jeunes peuplements étaient détruits comparativement à 73 % de ceux dans les peuplements mûrs. Dans son étude sur la vulnérabilité des peuplements de sapins et d'épinettes au cours d'invasions antérieures de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, MacLean (1980) mentionne que le taux de mortalité des sapins, dans les peuplements mûrs, était en moyenne de 85 %, pour un ensemble de 63 parcelles, tandis que dans les jeunes peuplements, la moyenne s'élevait à 42 % pour 26 parcelles. Au cours de la présente invasion dans l'est du Canada, on a noté que, dans certaines régions, la vulnérabilité du sapin baumier dans les peuplements mûrs et les peuplements jeunes était presque la même (Moody, 1981; Blais, 1981). Au cours des prochaines années, les arbres continueront certainement à mourir dans les parcelles à faible altitude de la réserve des Laurentides, et la mortalité sera très élevée, tant dans les peuplements mûrs que dans les jeunes. Reste à voir s'il y aura une différence à la fin de l'invasion dans les taux de mortalité entre les peuplements d'âges différents.

Au cours d'études antérieures, on a observé que les premiers arbres à mourir dans un peuplement étaient ceux de la classe de cime intermédiaire et supprimée parce que ces arbres offrent moins de feuillage que ceux de la classe codominante et dominante, et aussi parce qu'ils sont envahis par les chenilles qui tombent des arbres qui les surplombent. Les observations faites durant la présente étude viennent corroborer ce phénomène. Les arbres de plus petit diamètre furent les premiers à mourir; en 1979, le pourcentage des tiges mortes de grosseur marchande était supérieur à celui du volume des arbres morts. En 1983, à faible altitude où la défoliation s'est poursuivie sans interruption, le pourcentage des tiges mortes atteignait 67 % et il était le même que celui des pertes en volume marchand. À cette étape de l'épidémie, la mortalité des arbres était répartie de façon plus uniforme entre les classes de cime et les classes de diamètre.

Lorsqu'on a établi les parcelles en 1979, aucune des 801 épinettes blanches n'était morte et en 1983 seulement six pour cent d'entre elles l'étaient. On sait depuis longtemps que l'épinette blanche est plus résistante que le sapin baumier aux déprédations de la TBE; c'est ce que la présente étude confirme. La vulnérabilité du sapin baumier aux invasions non contrôlées de la tordeuse des bourgeons de l'épinette est habituellement élevée; la mortalité dans les peuplements mûrs approche souvent les 100 % (MacLean, 1980). Le taux de mortalité de l'épinette blanche est beaucoup plus variable; il peut aller de 5 à 70 % (MacLean, 1980; Blais, 1981). Il est possible que la plupart des épinettes blanches dans les parcelles à faible altitude survivent à l'invasion étant donné que les populations de TBE pourraient demeurer relativement faibles à cause de l'épuisement de nourriture provoqué par le taux élevé de mortalité du sapin baumier. Il est plus difficile de prédire le sort de l'épinette blanche dans les parcelles situées au-dessus de 700 mètres. Bien que la nourriture dont disposent les insectes soit un facteur moins limitatif dans ce secteur qu'à plus faible altitude, il est impossible de prédire si la reprise récente de la défoliation se poursuivra au cours des prochaines années.

Les variations de la défoliation entre les deux secteurs d'altitude se sont reflétées dans le taux de mortalité des arbres. En bas de 700 m, le taux de mortalité du sapin baumier a atteint 67 % en 1983; à plus de 700 m, il était de 38 %. À basse altitude, le taux de mortalité se poursuivra quelle que soit la défoliation future; bon nombre d'arbres qui sont encore vivants ont atteint le point de non-retour et continueront de mourir au cours des prochaines années. En 1985, le taux de mortalité du sapin baumier de grosseur marchande atteindra probablement 85 %. Étant donné que le sapin est l'essence la plus répandue dans le secteur à faible altitude, les pertes seront très sérieuses. Elles seront en partie atténuées par les opérations de récupération, mais ces opérations ont été entreprises trop tard pour empêcher la perte de plusieurs millions de mètres cubes de bois.

Dans le secteur se trouvant au-dessus de 700 m, la diminution de la défoliation de 1978 à 1982 s'est traduite par un regain de vigueur de nombreux arbres. On peut le constater par l'augmentation du feuillage et la croissance radiale accrue (Archambault, 1983). Bien que la défoliation ait connu une reprise dans ce secteur en 1983, les arbres pourraient résister pendant encore deux ou trois ans à une forte défoliation, avant que le taux de mortalité ne reprenne sa courbe ascendante. La progression de la mortalité une fois amorcée pourrait être rapide puisque les arbres ne sont pas entièrement remis des effets de la première vague de défoliation. Toutefois, la rareté relative du sapin baumier à haute altitude pourrait atténuer les conséquences socio-économiques des pertes futures.

RÉFÉRENCES

Archambault, L. 1983. Impact of defoliation caused by the spruce budworm on volume growth in three fir stands. Min. Environ., Serv. can. for. Notes de recherche 3:17-19.

Blais, J.R. 1964. Account of a recent spruce budworm outbreak in the Laurentide Park region of Quebec and measures for reducing damage in future outbreaks. For. Chron. 40:313-323.

Blais, J.R. 1965. Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentide Park, Quebec. For. Sci. 11:138-139.

Blais, J.R. 1980. Condition du sapin et de l'épinette blanche dans la région du parc des Laurentides en 1979 face à l'épidémie de la tordeuse et prévision des pertes. Cent. rech. for. Laurentides, Ste-Foy, Qué., Rapp. Inf. LAU-X-43, 16 p.

Blais, J.R. 1981. Mortality of balsam fir and white spruce following a spruce budworm outbreak in the Ottawa River Watershed in Quebec. Can. J. For. Res. 11:620-629.

Blais, J.R. 1983a. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. Can. J. For. Res. 13:539-547.

Blais, J.R. 1983b. Predicting tree mortality induced by spruce budworm: a discussion. For. Chron. 59:294-297.

MacLean, D.A. 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. For. Chron. 56:213-221.

Moody, B.H. 1981. Damage by the present outbreak to the forests of Newfoundland to 1979: immature stands. Pages 47-49 *in* Review of the spruce budworm outbreak in Newfoundland - its control and forest management implications. Serv. can. for., Cent. rech. for. Terre-Neuve, Rapp. d'inf. N-X-205.

Rowe, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Min. Environ., Serv. can. for., Publication n° 1300.